

Caractérisation du Santal des Îles Marquises

Rapport à mi parcours



BIANCHINI Jean-Pierre, Pr. à l'UPF, responsable du projet
BOUVET Jean-Marc, chercheur CIRAD Montpellier
BUTAUD Jean François, ingénieur forestier au SDR
CARDI Céline, technicienne de laboratoire CIRAD Montpellier
MEYER Jean-Yves, chercheur botaniste délégation à la Recherche Polynésie
RAHARIVELOMANANA Phila, MCF à l'UPF (HDR)
BARON Vincent, Délégué du CIRAD Polynésie

Mai 2002



Université de Polynésie française



Service du Développement Rural



**Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le
Développement**

Sommaire

1	Objectifs du projet	2
2	Description du programme scientifique	2
3	Actions de collecte des échantillons (Service du Développement Rural).....	3
4	Mise en place des analyses botaniques, chimiques et génétiques :	5
1°	Mise en place des analyses botaniques (Service du Développement Rural) :	5
1.1.	Notice de la fiche de description botanique.....	5
1.2.	Notice de la fiche de description phytoécologique.....	9
1.3.	Notice de la fiche de description de bois.....	15
2°	Mise en place des méthodes chimiques (Université de Polynésie française)	16
2.1.	Méthodes analytiques (qualitatives et quantitatives).....	17
2.2.	Méthodes d'extraction	17
2.3.	Étude de la composition chimique.....	18
2.4.	Exploitation des résultats par traitement statistique	18
3°	Étude de caractérisation génétique des échantillons (Cirad)	19
3.1.	Échantillonnage pour analyses génétiques	19
3.2.	Analyse de la diversité par marqueurs chloroplastiques.....	20
3.3.	Analyse de la diversité génétique par marqueurs moléculaires RAPD.....	23
3.4.	Conclusion	25
5	Bilan d'étape	26
6	État des engagements financiers	26
	Annexe 1 : Fiche botanique.....	27
	Annexe 2 : Fiche phytoécologique.....	28
	Annexe 3 : Fiche de description des échantillons de bois	30
	Annexe 4 : Répétabilité de la méthode d'analyse chimique	31
	Annexe 5 : Carte des sites d'échantillonnage sur Nuku Hiva.....	32

Tableaux

Tableau 1 : Échantillons de feuilles des peuplements des Marquises	3
Tableau 2 : Échantillons de bois.....	5
Tableau 3 : Échantillons botaniques	5
Tableau 4 : Caractéristiques des échantillons analysés.	19
Tableau 5 : Combinaison amorces / enzymes testées.....	20
Tableau 6 : Détails au niveau individuel des chlorotypes obtenus Analyse du polymorphisme sur ADN de chloroplaste <i>Santalum Insulare</i>	21
Tableau 7 : Fiche financière présentée	26
Tableau 8 : Budget prévisionnel révisé.....	26
Tableau 9 : Budget réalisé à mi parcours.....	26

1 Objectifs du projet

Le projet d'étude des santals des îles Marquises s'inscrit dans la promotion des matières premières locales susceptibles de valorisation et dans la connaissance de la biodiversité de ces santals.

Ce projet constitue une composante d'un programme plus global de conservation et de valorisation du santal en Polynésie mis en œuvre par la Polynésie française.

L'objectif de cette étude portera principalement sur la différenciation sur les plans botanique, chimique et génétique des peuplements de santal de Nuku-Hiva.

L'étude simultanée de l'aspect botanique, chimique et génétique sur les mêmes échantillons prélevés permettra une approche pluridisciplinaire et complémentaire de la biodiversité en essayant d'apporter des éléments de réponses aux questions telles que :

- Quels sont les caractéristiques des chimiotypes existant des peuplements reliques du *Santalum insulare* de Nuku-Hiva ?
- Quelle est l'ampleur de la diversité génétique de ces populations résiduelles de santal de Nuku-Hiva et de quelle façon est-elle structurée ?
- Quelle est la variabilité naturelle des composés chimiques au sein de l'espèce *Santalum insulare* et quel est le déterminisme génétique de la production de ces composés ?
- La variabilité chimique et/ou génétique pourrait-elle intervenir dans la redéfinition de la taxonomie des santals des Marquises ?

L'étude génétique des peuplements de santal recensés et échantillonnés (en parallèle avec l'analyse chimique) permettra d'appréhender la biodiversité.

2 Description du programme scientifique

Ce programme conduit conjointement par les équipes de l'Université de Polynésie française (UPF), du Service du Développement Rural (SDR), du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) et de la Délégation à la Recherche comportera plusieurs phases :

1)- Recensement et collecte du matériel végétal de santal à Nuku-Hiva (par les agents du service forestier du SDR)

2)- Les analyses suivantes se feront en parallèle :

- Étude botanique et morphologique des échantillons (avec la collaboration du spécialiste en botanique de la Délégation à la Recherche).
- Analyse chimique des huiles essentielles de santal par Chromatographie en phase gazeuse/Spectrométrie de masse à l'UPF. L'huile essentielle (ou la concrète) de santal de chaque échantillon de bois prélevé servira de traceur biochimique. L'analyse de la composition chimique de l'essence constitue l'outil d'évaluation quantitative et qualitative. Identification des constituants caractéristiques de chaque chimiotype déterminé.

- Analyse génétique du matériel végétal (par les chercheurs généticiens du CIRAD à Montpellier). Analyse des différentes variétés de santal recensées dans leurs aires naturelles, de leur relation phylogénique, de la structuration de la diversité génétique en utilisant des marqueurs génétiques neutres (nucléaire ou cytoplasmique). Étude de phytogéographie par analyse utilisant des marqueurs génétiques chloroplastiques.

3)- Traitement statistique des résultats analytiques et interprétation.

3 Actions de collecte des échantillons (Service du Développement Rural)

Les échantillons prélevés sont positionnés sur la carte située en AAnnexe 5 :

A chaque prélèvement des fiches de description ont été remplies pour caractériser les prélèvements selon les trois approches proposées dans ce projet.

A cette occasion les agents du département forêt et gestion de l'espace rural du Service du Développement Rural ont participé efficacement au repérage, identification et choix des peuplements et individus sélectionnés pour le projet.

Toutes les deux semaines des pastilles raticides ont été disposées au pied des arbres pour empêcher que les fruits ne soient consommés avant d'arriver à maturité et permettre ainsi la récolte des graines les caractériser du point de vue botanique.

Tableau 1 : Échantillons de feuilles des peuplements des Marquises

Code échantillon	Localisation	Peuplement	Arbre
JFB 24	Haut de Terre-Déserte	15	1
JFB 25	Haut de Terre-Déserte	15	2
JFB 26	Haut de Terre-Déserte	15	3
JMB 5	Haut de Terre-Déserte	15	5
JMB 6	Haut de Terre-Déserte	15	6
JMB 7	Haut de Terre-Déserte	15	7
JMB 8	Haut de Terre-Déserte	15	8
JMB 9	Haut de Terre-Déserte	15	9
JMB 10	Haut de Terre-Déserte	15	10
JMB 11	Haut de Terre-Déserte	15	11
JMB 15	Haut de Terre-Déserte	24	15
JMB 16	Haut de Terre-Déserte	39	16
JMB 17	Haut de Terre-Déserte	39	17
JFB 45	Haut de Terre-Déserte	42	1
JFB 38	Maauu	38	1
JFB 39	Maauu	38	2
JFB 40	Maauu	38	3
JFB 22	Maauu	38	4
JFB 23	Maauu	38	2
JFB 20	Taiohae	30	1
JFB 21	Taiohae	30	2
JPM 12	Toovii	4	1
JPM 13	Toovii	4	2
JPM 14	Toovii	4	3

Code échantillon	Localisation	Peuplement	Arbre
JPM 15	Toovii	8	1
JPM 16	Toovii	8	2
JMB 4	Toovii	8	4
JPM 17	Toovii	10	1
JPM 18	Toovii	10	2
JFB 17	Toovii	21	1
JFB 18	Toovii	21	2
JFB 19	Toovii	21	3
JMB 1	Toovii	34	1
JMB 2	Toovii	34	2
JMB 3	Toovii	34	3
JFB 11	Toovii	20-01	1
JFB 12	Toovii	20-01	3
JFB 13	Toovii	20-01	4
JFB 14	Toovii	20-02	6
JFB 15	Toovii	20-02	8
JFB 16	Toovii	20-02	20
JFB 1	Vaioa	1	8
JFB 2	Vaioa	1	9
JFB 3	Vaioa	1	11
JFB 4	Vaioa	2	6
JFB 5	Vaioa	2	11
JFB 6	Vaioa	2	53
JFB 7	Vaioa	2	25
JFB 41	Vaiteheii	14-01	1
JFB 42	Vaiteheii	14-01	2
JFB 43	Vaiteheii	14-01	3
JFB 8	Vaiteheii	14-01	1
JFB 9	Vaiteheii	14-01	2
JFB 10	Vaiteheii	14-01	3
JMB 12	Vaiteheii	14-01	12
JMB 13	Vaiteheii	14-01	13
JMB 14	Vaiteheii	14-01	14
JPM 9	Vaiteheii	14-01	9
JPM 10	Vaiteheii	14-01	10
JFB 44	Vaiteheii	14-02	1
JPM 11	Vaiteheii	14-02	2

Tableau 2 : Échantillons de bois

Code échantillon	Localisation	Peuplement	Arbre	Position
38a	Maaui	38	1	Collet
38b	Maaui	38	1	Tronc
38c	Maaui	38	1	Racine
39	Maaui	38	2	Tronc
41	Vaiteheii	14-01	1	Racine
42	Vaiteheii	14-01	2	Tronc
44	Vaiteheii	14-02	1	Tronc
JFB 2	Toovii	10	sec	Racine
JFB 27	Toovii	10	1	Branche
JFB 20	Toovii	10	3	Tronc
JFB 62	Haut de Terre-Déserte	15	1	Tronc
JFB 18	Toovii	20	5	Branche
JFB 21	Toovii	20	6	Branche
JFB 23	Toovii	20	8	Tronc
JFB 22	Toovii	20	20	Branche
JFB 1	Toovii	22	2	Tronc
JFB 26	Toovii	25	1	Branche
JFB 17	Toovii	25	4	Branche
JFB 33	Toovii	32	1	Tronc

Tableau 3 : Échantillons botaniques

Code échantillon	Localisation	Peuplement	Arbre
38	Maaui	38	1
39	Maaui	38	2
40	Maaui	38	3
41	Vaiteheii	14-01	1
42	Vaiteheii	14-01	2
44	Vaiteheii	14-02	1
45	Haut de Terre-Déserte	42	1

4 Mise en place des analyses botaniques, chimiques et génétiques :

1° Mise en place des analyses botaniques (Service du Développement Rural) :

Le travail a consisté en la mise au point de trois modèles de fiches descriptives des caractéristiques botaniques, phytoécologiques et des échantillons de bois des individus sur lesquels des prélèvements ont été réalisés. Ainsi, ces fiches sont remplies pour chaque individu échantillonné. Nous présentons ici les notices des fiches de description, les fiches elles-mêmes étant situées en annexe (annexes 1 à 3).

1.1. *Notice de la fiche de description botanique*

L'objectif de cette fiche est de mettre en évidence des différences morphologiques distinguant les santals polynésiens.

(1) Numéro de la fiche

Il sera composé de 2 lettres représentant l'île, suivies de 2 lettres indiquant le nom de la localité (ou peuplement) ainsi que 2 chiffres indiquant le numéro de la station (ou sous-peuplement) puis du numéro de l'arbre étudié dans le peuplement.

Exemples :

- TA-PV-01-8 signifie arbre 8 du sous-peuplement 1 du Pic Vert à Tahiti
- NH-14-02-2 signifie arbre 2 du groupe d'arbre 2 du peuplement 14 de Nuku-Hiva

(2) Situation

L'île pourra être indiquée en abrégé ou entièrement. La localisation peut consister en une commune, lieu-dit ou une zone géographique ou topographique. Le nom ou numéro du peuplement est celui qui lui a été donné au moment de sa découverte et description, tout comme le numéro de l'arbre.

L'altitude et les coordonnées XY seront également déterminées à l'aide d'un GPS.

Enfin, le cas échéant, un numéro d'herbier sera attribué à l'échantillon prélevé.

(3) Dimensions

L'architecture de l'arbre pourra être définie à partir de la liste suivante :

Architecture	Définition	Code
Arborescente	Individu monocaule à tronc bien constitué et apparement de franc pied	Arbo
Arbustive	Individu monocaule, de petite taille, très branchu et apparement de franc pied	Arbu
Buissonnante	Individu multicaule dès la base, probablement issu d'un rejet de souche ou de racines	Buis
Rampante	Individu couché au sol à multiples tiges échelonnées et à port plagiotrope	Ramp
Autre	A décrire	

Sa hauteur, distance verticale entre le sol et les feuilles les plus hautes, sera estimée ou mesurée en mètres au demi mètre près.

Le diamètre au collet ou diamètre à la base (DB) sera pris au raz du sol ou juste au-dessus des épaississements racinaires. Si l'arbre est multicaule, seul le diamètre de la plus grosse tige sera mesuré.

(4) Rhytidome

La couleur et l'aspect du rhytidome seront indiqués. A terme, une liste des couleurs et aspects pourra être réalisée.

L'aspect consiste en la description de l'écorce, de ses ornements, de ses formes ou encore de son épaisseur.

(5) Rameaux

La couleur, la pilosité et la longueur des entrenœuds au mm près des plus jeunes rameaux seront indiqués. Une intervalle des valeurs extrêmes des entrenœuds pourra être donnée.

(6) Feuille

Toutes les dimensions seront données en mm. Ainsi, pour un échantillon de 3 feuilles adultes représentatives, seront mesurées les longueurs du pétiole et du limbe ainsi que la largeur du limbe. Sur certains individus, sera récolté, un plus grand nombre de feuilles (une trentaine) pour être mesurées et alors donner une meilleure estimation.

La présence de poils et leur localisation sur la feuilles seront notées, tout comme la couleur des faces inférieure et supérieure des feuilles.

Le nombre de nervures sera comptée. Une moyenne pour les 3 feuilles précédemment étudiées pourra être donnée.

Enfin, les formes du limbe (ovale, ellipsoïdale...), de son apex (aiguë, obtus...) et de sa base (cunéiforme, dissymétrique...) seront indiquées.

(7) Inflorescence

L'inflorescence la plus typique de l'arbre est choisie pour la description.

La forme de l'inflorescence peut être décrite à l'aide du tableau suivant :

Forme	Code
Trichotomique simple sans bractée	1
Trichotomique simple avec bractée	2
Trichotomique étagée	3
Autres	

La longueur de l'inflorescence est mesurée du nœud précédent celui portant les premiers axes florifères à la fleur la plus extrême. Le nombre d'internœuds de l'axe principal part de la même origine alors que celui de l'axe secondaire a pour origine son intersection avec l'axe principal.

La branchaison consiste au nombre de branches partant de chaque nœud.

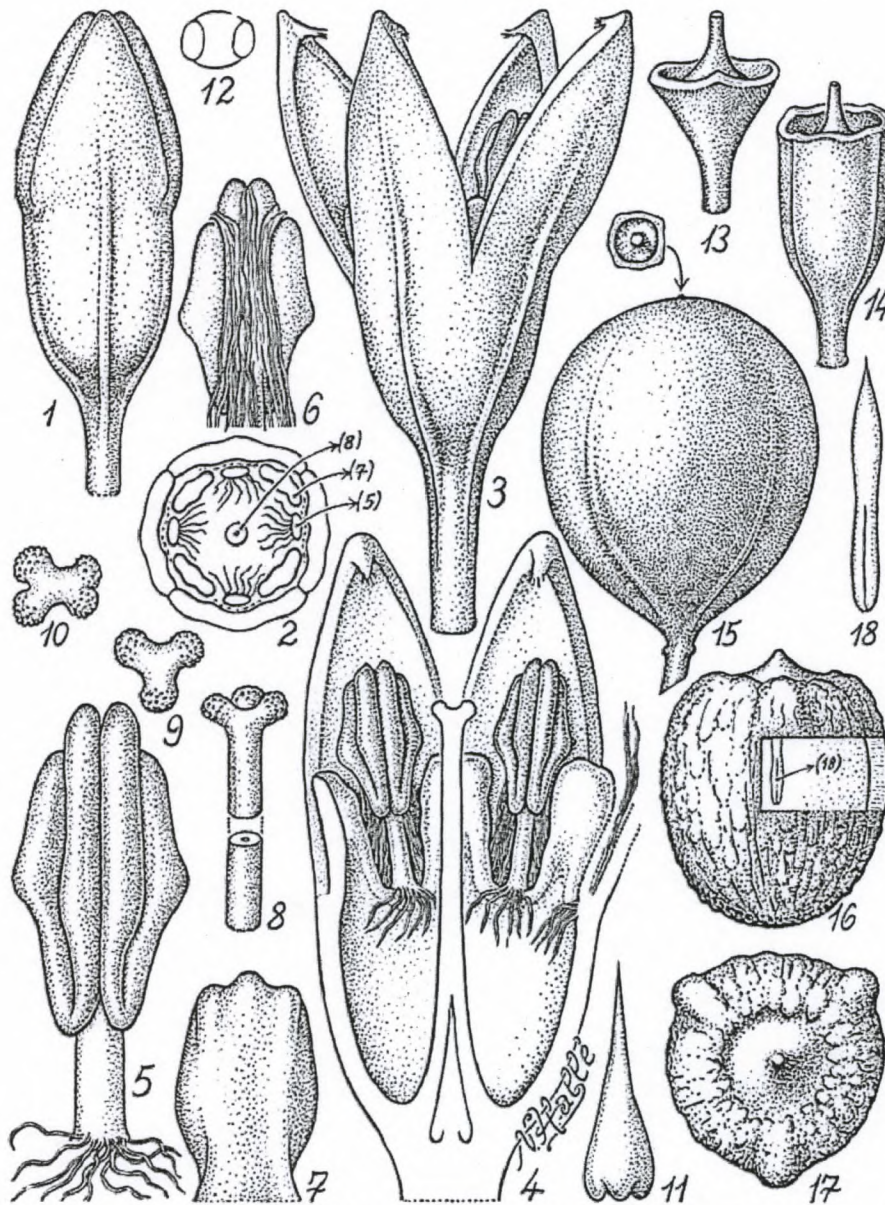
La présence de poils et leur localisation dans l'inflorescence seront notées.

La dimension des bractées sera déclinée respectivement en la longueur de leur limbe, en leur largeur ainsi qu'en la longueur du pétiole.

(8) Fleur

La majorité des mesures décrites dans cette rubrique sont présentées sur le dessin suivant, tiré de la partie Santalacées de la Flore de Nouvelle-Calédonie traitée par Nicolas Hallé.

N. HALLÉ. - SANTALACEAE



PL. 19 - *Santalum austrocaledonicum* Vieill. var. *austrocaledonicum* : 1, bouton, diam. 3 mm ; 2, coupe transv. schémat. du bouton ; 3, fleur haute de 9 mm ; 4, fleur, coupe longit., style de 3,9 mm ; 5, 6, étamine recto et verso, large de 1 mm ; 7, lobe discal face ext., haut de 1,3 mm ; 8, style et stigmate, large de 0,2 mm ; 9, 10, stigmates vus du dessus ; 11, placenta triovulé long de 1,7 mm ; 12, placenta biovulé, coupe transv. ; 13, réceptacle de vieille fleur, diam. 2,3 mm ; 14, réceptacle de fleur nouée ; 15, fruit mûr, diam. 14,5 mm et sa couronne ; 16, 17, noix, diam. 8 mm ; 18, embryon long de 4,2 mm (1-4, 6, 9, 11, Daniker 1645 ; 5, 7, 8, 10, 12, MacKee 28577 ; 13, MacKee 43635 ; 14, MacKee 43631 ; 15, MacKee 43629 ; 16, 17, MacKee 43627 ; 18, MacKee 43641).

Les nombres de tépales minimum, moyen et maximum seront déterminés par l'observation d'un large échantillon de fleurs.

La couleur des fleurs sera indiquée. Dans le cas de plusieurs couleurs de fleur, la couleur dominante sera indiquée prioritairement suivie de la couleur minoritaire.

La longueur de la fleur épanouie correspond à la distance en mm séparant le bas du pédicelle de la zone d'insertion des tépales sur la coupe florale. La largeur de la fleur se mesure quant à elle entre les pointes des tépales en vis à vis, c'est à dire la plus grande diagonale de la fleur épanouie et à plat.

La longueur du tépale est la hauteur du triangle isocèle qu'il constitue tandis que sa largeur est son plus grand côté. Elles peuvent être indiquées au demi millimètre près.

Les longueurs restantes peuvent quant à elles être indiquées au dixième de millimètre près.

La présence de poils et leur localisation et abondance dans la fleur seront notées.

(9) Fruit et graine

La forme du fruit pourra être indiquée de la façon suivante :

Forme	Code
Ronde	1
Ovale	2
Poire	3
Petite poire	4
Autre	

Longueur et largeur du fruits et de la graine seront mesurées au mm près pour les fruits mûrs ou presque mûrs et pour toute graine.

Le nombre de nervures éventuelles visibles sur la peau du fruit sera indiqué tout comme le nombre d'arêtes ou zones de moindre résistance de la graine.

Enfin, l'excroissance basale et l'apex de la graine seront appréciée par leurs caractéristiques et dimensions relatives.

(10) Observations

Dans le paragraphe ainsi dénommé, sera indiqué toute observation originale intéressant la description botanique du santal et n'entrant dans aucun des paramètres étudiés. De nouveaux codes ou éléments de description peuvent également être ajoutés.

1.2. Notice de la fiche de description phytoécologique

L'objectif de cette fiche est essentiellement de faire état des différents contextes écologiques dans lesquels croît le santal ainsi que des éventuelles liaisons entre les constituants du bois de cœur et les espèces végétales voisines.

(1) Numéro de la fiche

Il sera composé de 2 lettres représentant l'île, suivies de 2 lettres indiquant le nom de la localité (ou peuplement) ainsi que 2 chiffres indiquant le numéro de la station (ou sous-peuplement) puis du numéro de l'arbre étudié dans le peuplement.

Exemples :

- TA-PV-01-8 signifie arbre 8 du sous-peuplement 1 du Pic Vert à Tahiti
- NH-14-02-2 signifie arbre 2 du groupe d'arbre 2 du peuplement 14 de Nuku-Hiva

(2) Caractéristiques abiotiques

L'île pourra être indiquée en abrégé ou entièrement. La localisation peut consister en une commune, lieu-dit ou une zone géographique ou topographique. Le nom ou numéro du peuplement est celui qui lui a été donné au moment de sa découverte et description, tout comme le numéro de l'arbre.

Les positions topographiques suivantes pourront être considérées :

Position	Code
Plateau	Plt
Crête	Crt
Haut de Versant	HdV
Versant	Ver
Replat	Rpl
Vallon	Von
Bas de Versant	BdV
Fond de Vallée	FdV
Plaine littorale	PLi
Motu coté mer	Mom
Motu coté lagon	Mol
Motu milieu	Mml
autres	

La pente devra préférentiellement être indiquée en %. En tout état de cause, l'unité de mesure devra être indiquée. Dans le cas d'un santal situé sur une crête, la pente du versant en contrebas devra être indiquée dans la seconde case de la fiche.

L'exposition sera notée comme suit : N / NE / E / SE / S / SW / W / NW et 0 en terrain plat.

L'altitude sera donnée par un altimètre, un GPS ou une carte topographique. La méthode d'estimation devra être indiquée.

Les textures suivantes pourront être retenues :

Texture	Code
Argileuse	A
Argilo-limoneuse	AL
Limono-argileuse	LA
Limoneuse	L
Sablo-limono-argileuse	SLA
Limono-sableuse	LS
Sableuse	S
autres	

Le sol sur lequel se situe l'arbre sera préférentiellement décrit grâce aux unités pédologiques suivantes (d'après l'Atlas de la Polynésie française ORSTOM 1993, Jamet 1987 et Jamet 2000) :

Unités pédologiques	Sites et descriptions
PARTIES HAUTES	
Sols minéraux bruts et sols peu évolués, d'érosion	
Lithosols	Affleurements rocheux
Sols d'érosion à profil peu différencié, très humifères, d'altitude	Très fortes pentes des hauts sommets
Sols peu évolués d'érosion, brunifiés, lithiques, humifères	Très fortes pentes sous 1000 m
Sols brunifiés tropicaux	
Sols bruns dystrophes, humifères, d'altitude	Pentes fortes des îles de Tahiti et Nuku-Hiva au-dessus de 900 m
Sols bruns eutrophes tropicaux, peu différenciés d'érosion	Pentes supérieures à 50 % sous 1000 m
Sols bruns eutrophes tropicaux, humifères	Pentes modérées sous 1000 m
Sols à caractères vertiques	
Sols à caractères vertiques	Présence d'argiles gonflantes
Sols ferrallitiques	
Sols ferrallitiques fortement désaturés, très humifères, gibbsitiques, d'altitude	Pentes assez fortes au-dessus de 900 m à Tahiti
Sols ferrallitiques fortement désaturés podzolisés	Pentes faibles à moyennes des sommets au-dessus de 900 m
Sols ferrallitiques faiblement ou moyennement désaturés, humifères, pénévulés d'érosion	Secteurs sous le vent sous 1000 m
Sols ferrallitiques fortement désaturés, humifères	Secteurs au vent sous 1000 m
Sols ferrallitiques fortement désaturés, humifères, pénévulés d'érosion	Secteurs au vent sous 1000 m
Sols ferrallitiques fortement désaturés, humifères, gibbsitiques	Plateaux
PARTIES BASSES	
Sols peu évolués d'apport	
Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial, modaux ou hydromorphes, à caractères vertiques	Plaine littorale
Sols peu évolués d'apport alluvial	Terrasses alluviales
Sols peu évolués d'apport colluvial	Bas de versants pentus
Sols hydromorphes	
Sols hydromorphes	Plaine littorale et Basses vallées
Sols calcomagnésiques carbonatés	
Sols sur substrats calcaires rocaillieux et graveleux	Levés océaniques sur îlots coralliens
Sols sur substrat calcaire sableux	Côté lagon sur îlots coralliens
Sols des dépressions marécageuses	Dépressions sur îlots coralliens

La charge en cailloux devra autant que possible être estimée en %.

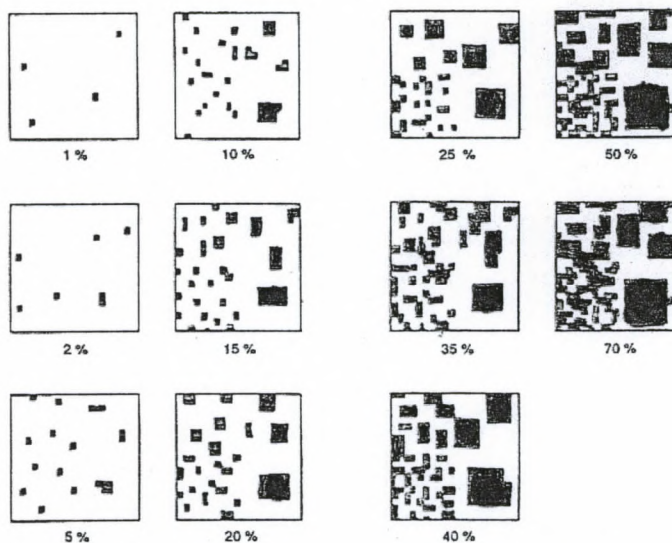


Figure 28. – Chartes pour estimer le % de recouvrement de taches (ou nodules ou éléments grossiers) par unité de surface. Chaque quart de chacun des carrés présente la même surface de noir (d'après Folk, 1951).

(3) Caractéristiques dendrologiques et phénologiques du santal étudié

Sa hauteur, distance verticale entre le sol et les feuilles les plus hautes, sera estimée ou mesurée en mètres au demi mètre près.

L'architecture de l'arbre pourra être définie à partir de la liste suivante :

Architecture	Définition	Code
Arborescente	Individu monocaule à tronc bien constitué et apparement de franc pied	Arbo
Arbustive	Individu monocaule, de petite taille, très branchu et apparement de franc pied	Arbu
Buissonnante	Individu multicaule dès la base, probablement issu d'un rejet de souche ou de racines	Buis
Rampante	Individu couché au sol à multiples tiges échelonnées et à port plagiotrope	Ramp
Autre	A décrire	

Les états de floraison, de fructification et de croissance végétative seront codés de la manière décrite ci-après afin de contribuer à déterminer la phénologie des santals. Dans le cas d'un santal présentant divers états phénologiques au même moment, seul sera retenu l'état dominant.

Floraison	Codes	Fructification	Codes	Croissance	Codes
Aucune fleur	0	Aucun fruit	0	Aucun jeune rameau	0
Boutons floraux	1	Jeunes fruits	1	Rares jeunes rameaux	1
Fleurs épanouies	2	Gros fruits verts	2	Elongation générale	2
Fleurs fanées	3	Fruits mûrs	3	Fin d'élongation	3

Les capacités reproductrices de l'arbre seront appréciées dans les dernières cases des rubriques "Floraison" et "Fructification" de la fiche de description. Ainsi, le pourcentage de rameaux portant des boutons ou des fleurs sera estimé, soit par un comptage total pour les petits individus, soit par le comptage d'une partie représentative du houppier pour les plus grands. Il en sera de même pour estimer l'intensité de fructification.

Par ailleurs, le nombre de fruits présents sur chaque santal étudié sera indiqué. La première case de la rubrique contiendra le nombre de fruits verts d'un diamètre inférieur à la moitié du diamètre des fruits mûrs alors que dans la seconde sera inscrit le nombre de fruits d'un diamètre supérieur à la moitié de celui des fruits mûrs.

L'état sanitaire comme indiqué dans la fiche combine à la fois l'état sanitaire au sens strict (dépérissement) et la vigueur de l'arbre. Il sera codé de cette façon :

Etat sanitaire	Code
Sain et Vigoureux	S
Peu vigoureux	P
Dépérissant	D
Mort	M

La deuxième case permettra d'indiquer, le cas échéant, la cause du dépérissement.

Trois diamètres du santal seront mesurés au cm près. Le diamètre au collet sera pris au raz du sol ou juste au-dessus des épaissements racinaires. Les diamètres à 50 cm et à 1 m 30 seront pris, comme leurs noms l'indiquent, respectivement à 50 cm et à 1 m 30 de hauteur à partir du sol. Si l'arbre est multicaule, seul le diamètre de la plus grosse tige sera mesuré. Dans le cas d'un individu rampant, le diamètre sera pris à 1,30 m de longueur sur le tronc à partir du collet.

(4) Relevé phytosociologique

Le relevé sera réalisé dans une placette circulaire ayant pour centre le santal étudié et pour rayon la distance horizontale de 6 m. Cette distance a été fixée après l'observation de racines de Santal de Tahiti de près de 6 mètres de long. Elle permettra alors de prendre en compte la quasi totalité des espèces entrant dans la sphère d'influence du santal.

Trois strates ont été définies :

- la strate arborescente qui comprend tous les végétaux ligneux atteignant plus de 5 m de hauteur,
- la strate arbustive qui comprend les lianes et les végétaux ligneux mesurant de 1 à 5 m de hauteur, et
- la strate herbacée qui comprend les herbacées, les épiphytes et les végétaux ligneux mesurant moins de 1 m de hauteur.

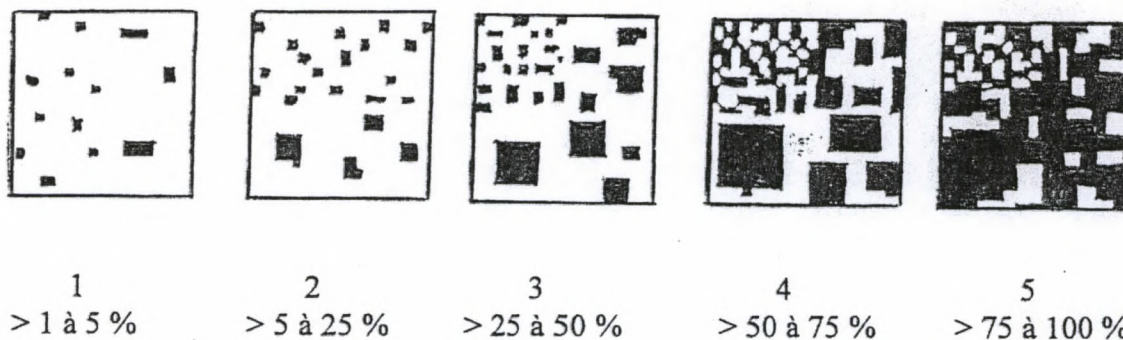
L'étude des strates arborescente et arbustive sera exhaustive alors que celle de la strate herbacée, plus diversifiée, pourra être plus limitée, à l'exception des plantules d'arbres ou d'arbustes qui seront bien décrites. Des échantillons des espèces inconnues seront récoltés pour détermination ultérieure.

Une même espèce, présente à plusieurs stades de développement, pourra apparaître dans plusieurs strates.

Enfin, les coefficients d'Abondance / Dominance de Braun-Blanquet seront attribués à chaque espèce dans chaque strate.

Description	Recouvrement	Coefficient
Espèce rare	Moins de 1 %	+
Espèce peu présente	1 à 5 %	1
Espèce fréquente	5 à 25 %	2
Espèce abondante	25 à 50 %	3
Espèce dominante	50 à 75 %	4
Espèce très dominante	Plus de 75 %	5

Représentation de l'abondance/dominance de Braun-Blanquet (1913, 1915)



Coefficients d'AD et pourcentages de Braun-Blanquet

Les vides de chaque strate devront également être estimés par les mêmes coefficients.

(5) Inventaire des espèces ligneuses

A l'intérieur de la placette définie précédemment, toutes les espèces végétales (à l'exception des fougères sub-arborescentes du genre *Angiopteris*) ayant un diamètre à la base supérieur à 5 cm seront inventoriées.

Ainsi, pour chaque individu répondant à ces paramètres, seront indiquées :

- le nom scientifique de l'espèce,
- le diamètre à la base (ou tout du moins au-dessus des épaississements ou contreforts) au cm près,
- la hauteur verticale,
- la distance de l'individu au santal mesurée au sol au demi mètre près,
- la position dans la pente de l'individu par rapport au santal (au-dessus : D, au-dessous : S, au même niveau : M), et
- la vigueur de l'individu, codée de la même manière que le paramètre "état sanitaire".

(6) Avifaune observée

Tout oiseau observé à proximité du santal étudié devra être noté, ainsi que sa quantité. La proximité sera codée de la manière suivante :

Proximité	Code
Dans la placette	1
A moins de 50 mètres	2
A plus de 50 mètres	3

(7) Observations

Dans les 2 paragraphes ainsi dénommés, sera indiqué tout événement ou toute observation intéressant le santal n'entrant dans aucun des paramètres étudiés. De nouveaux codes ou éléments de description peuvent également être ajoutés.

1.3. Notice de la fiche de description de bois

L'objectif de cette fiche est de caractériser dans le détail le ou les échantillons de bois de santal prélevés sur un même arbre.

(1) Numéro de la fiche

Il sera composé de 2 lettres représentant l'île, suivies de 2 lettres indiquant le nom de la localité (ou peuplement) ainsi que 2 chiffres indiquant le numéro de la station (ou sous-peuplement) puis du numéro de l'arbre étudié dans le peuplement.

Exemples :

- TA-PV-01-8 signifie arbre 8 du sous-peuplement 1 du Pic Vert à Tahiti
- NH-14-02-2 signifie arbre 2 du groupe d'arbre 2 du peuplement 14 de Nuku-Hiva

(2) Situation

L'île pourra être indiquée en abrégé ou entièrement. La localisation peut consister en une commune, lieu-dit ou une zone géographique ou topographique. Le nom ou numéro du peuplement est celui qui lui a été donné au moment de sa découverte et description, tout comme le numéro de l'arbre.

(3) Echantillons

Grâce à cette fiche, 3 échantillons peuvent être décrits sur un même arbre. Toutes les possibilités de prélèvement peuvent être prises en compte par la fiche. Néanmoins, afin d'obtenir un échantillonnage homogène, il paraît souhaitable de prélever un maximum d'échantillons de bois de cœur au niveau du collet. Les échantillons devront atteindre au moins 5 grammes (soient 8 cm de profondeur avec la foreuse manuelle de 10 mm de diamètre, densité 0,85) et être rapidement conservés dans un récipient hermétique.

Le numéro complet de l'échantillon sera le même que celui de l'arbre ou de la fiche suivi du numéro de l'échantillon pour l'arbre.

Exemple : TA-PV-02-08-02 signifie 2^{ème} échantillon de bois de l'arbre 8 du peuplement 2 du Pic Vert sur l'île de Tahiti.

L'origine de l'échantillon est soit le bois de cœur à proprement parler (duramen, DUR), soit le bois de "cœur" formé autour d'une blessure infligée à l'arbre (BLE).

L'échantillon prélevé peut-être de différentes natures selon les opportunités. Cette nature est codée comme suit :

Nature	Code
Bois mort entier sans aubier	BSA
Bois mort entier avec aubier	BAA
Copeaux d'une partie sèche de l'arbre	CS
Copeaux d'une partie vivante de l'arbre	CV

La zone échantillonnée est l'organe de l'arbre dans lequel a été prélevé le bois :

Zone	Code
Racine	R
Collet	C
Tronc	T
Branche	B

Le diamètre sur écorce de la zone échantillonnée devra être indiquée au cm près. La hauteur au sol du prélèvement sur l'arbre sera également mesurée à 10 cm près.

Enfin, dans le cas de l'utilisation de la foreuse à main, l'épaisseur de l'aubier sera mesurée au mm près ainsi que la profondeur du prélèvement de bois de cœur.

Exemple : 2,7 mm d'épaisseur d'aubier et prélèvement de 2,7 à 6,8 mm, soit 4,1 mm de profondeur de l'échantillon

Quand il s'agit d'un bois entier, la profondeur sera indiquée au moment du prélèvement des copeaux de bois nécessaires à l'analyse, au laboratoire.

(4) Observations

Dans le paragraphe ainsi dénommé, sera indiqué tout événement ou toute observation intéressant le santal n'entrant dans aucun des paramètres étudiés. De nouveaux codes ou éléments de description peuvent également être ajoutés.

Le but de ces 3 fiches est de rassembler un maximum d'informations de terrain afin d'aider à l'interprétation des analyses botaniques, chimiques et génétiques.

2° Mise en place des méthodes chimiques (Université de Polynésie française)

La première phase de l'étude a consisté à mettre en place les méthodes d'analyse qualitative de la composition chimique des huiles essentielles de bois de santal.

2.1. Méthodes analytiques (qualitatives et quantitatives)

Les méthodes ont été mises au point et appliquées sur un échantillon de bois de santal de NUKU-HIVA aux Marquises

(1) Chromatographie en phase gazeuse (CG)

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse a été mise au point sur des colonnes capillaires de polarités différentes :

- Phase apolaire de méthylsilicone
- Phase légèrement polaire de 5% phénylméthylsilicone
- Phase polaire de polyéthylèneglycol.

Qualitativement les pics sont caractérisés par leur indice de Kovat (indice de rétention). Les données quantitatives sont obtenues par étalonnage interne.

L'appareillage automatisé est piloté par un logiciel d'exploitation spécifique (HPCHEM). Ce matériel permet d'effectuer un grand nombre d'analyses dans un but d'optimisation. Dans ce cadre, des essais de répétabilité ont été concluants en termes de fiabilité et de reproductibilité. La marge d'erreur des mesures a été estimée (annexe 1) et montre qu'aucune différence significative n'est observable lors de l'injection ou de l'extraction multiple du même échantillon.

Tous les échantillons récoltés sur le terrain seront analysés par cette méthode.

(2) Chromatographie liquide (CL)

Parallèlement à la CG, l'extrait étudié a été analysé en chromatographie liquide haute performance (CLHP) successivement en utilisant une colonne de phase inverse (C18) et une colonne de phase normale (silice). Deux détecteurs ont été utilisés : le spectrophotomètre UV à barrette de diodes et le réfractomètre différentiel. Ces méthodes seront surtout utilisées en complément avec la CG pour tester la pureté des produits purs qui seront isolés ultérieurement.

2.2. Méthodes d'extraction

Des méthodes d'hydrodistillation et d'extraction ont été mises au point à l'échelle analytique (micro méthode) et préparative (macro méthode)

Hydrodistillation : l'utilisation d'un appareil d'hydrodistillation normalisé pour l'obtention d'huiles essentielles (HE) permet d'obtenir soit des petites quantités (à partir de quelques grammes de copeaux de bois de santal) soit des quantités plus importantes (à partir de plusieurs centaines de grammes de copeaux). Ces dernières permettront une évaluation olfactive des diverses huiles essentielles.

Extraction : L'extraction par des solvants volatils (chloroforme, dichlorométhane...) des copeaux de bois de santal permet d'obtenir de concrètes en micro et macro essais suivant la quantité de copeaux mise en œuvre.

Les micro essais seront utilisés pour les études de biodiversité de tous les échantillons de bois de santal des Marquises.

Les macro essais seront destinés après fractionnement à l'approfondissement de la composition chimique des extraits.

2.3. *Étude de la composition chimique*

Pour caractériser chimiquement les santals des Marquises, il est nécessaire d'établir la composition la plus exacte possible des extraits et des huiles essentielles obtenus.

Dans ce but, les méthodes spectroscopiques d'élucidation structurales permettront d'identifier rigoureusement chacun des constituants. Si la méthode de couplage CG/SM permet une étude directe sur la partie volatile des extraits elle n'est pas totalement fiable pour l'identification des divers isomères, par contre les méthodes de spectroscopie IR et surtout RMN qui nécessitent l'obtention de quantités suffisantes de produits purifiés permettent une identification complète des molécules. On utilisera une combinaison de la distillation fractionnée sous pression réduite et de la chromatographie préparative (gazeuse et liquide) pour obtenir des produits purs en quantité suffisante.

L'enregistrement des spectres IR, SM et RMN de toutes les molécules isolées constituera des banques de données spécifiques du santal.

2.4. *Exploitation des résultats par traitement statistique*

Les données recueillies sur l'ensemble de l'échantillonnage analysé (sur quelques dizaines d'arbres) seront traitées statistiquement suivant les méthodes d'analyse en composantes principales (ACP), d'analyse factorielle discriminante (AFD) et de classification ascendante hiérarchique (CAH). L'utilisation de logiciels d'analyse statistique est maîtrisée au laboratoire de chimie.

3° Étude de caractérisation génétique des échantillons (Cirad)

3.1. *Échantillonnage pour analyses génétiques*

Les échantillons ont été analysés progressivement en fonction des récoltes successives et des contraintes d'application des techniques de laboratoire. Ainsi 55 échantillons ont été analysés au 15/04/2002. (Tableau 4)

Tableau 4 : Caractéristiques des échantillons analysés.

Ile	Lieu	Peuplement	n° arbre	Date récolte	n° récolte	n° labo
Fatuiva	Omoa	1	1	déc-99	36	36
Fatuiva	Omoa	1	2	déc-99	37	37
Fatuiva	Ouia	2	2	déc-99	39	39
Hiva Oa	Taaoa	1	1	déc-99	29	29
Hiva Oa	Taaoa	1	2	déc-99	30	30
Hiva Oa	Mokoau	6	1	déc-99	35	35
Hiva Oa	Mokoau	6	2	déc-99	34	34
Nuku Hiva	Vaioa	1	8	26/07/1999	1	1
Nuku Hiva	Vaioa	1	9	26/07/1999	2	2
Nuku Hiva	Vaioa	1	11	26/07/1999	3	3
Nuku Hiva	Vaioa	2	25	26/07/1999	7	7
Nuku Hiva	Vaioa	2	53	*	6	6
Nuku Hiva	Toovii	4	1	21/06/2000	P4 A1	12C
Nuku Hiva	Toovii	4	2	22/06/2000	P4 A2	13C
Nuku Hiva	Toovii	4	3	21/06/2000	P4 A3	14C
Nuku Hiva	Toovii	8	1	21/06/2000	P8 A1	15C
Nuku Hiva	Toovii	8	2	21/06/2000	P8 A2	16C
Nuku Hiva	Toovii	10	1	21/06/2000	P10 A1	17C
Nuku Hiva	Bas terre déserte	14	1	26/07/1999	8	8
Nuku Hiva	Bas terre déserte	14	13	30/05/2000	13	13B
Nuku Hiva	Haut terre déserte	15	5	29/05/2000	5	5B
Nuku Hiva	Haut terre déserte	15	6	29/05/2000	6	6B
Nuku Hiva	Haut terre déserte	15	7	29/05/2000	7	7B
Nuku Hiva	Haut terre déserte	15	9	29/05/2000	9	9B
Nuku Hiva	Haut terre déserte	15	11	29/05/2000	11	11B
Nuku Hiva	Taiohae	30	1	26/07/1999	20	20
Nuku Hiva	Bas terre déserte	38	3	06/07/1999	23	23
Nuku Hiva	Vaiteheii	14'	1	05/07/2000	P14' A1	9C
Nuku Hiva	Vaiteheii	14'	2	05/07/2000	P14' A2	10C
Nuku Hiva	Haut terre déserte	15 (ancien 40)	1	26/07/1999	24	24
Nuku Hiva	Toovii	20b	6	21/07/1999	14	14
Nuku Hiva	Baie Marquisienne	Ancienne route	16	30/05/2000	16	16B
Nuku Hiva	Baie Marquisienne	Ancienne route	17	30/05/2000	17	17B
Nuku Hiva	Ancienne route	Forme Toovii	15	30/05/2000	15	15B
Nuku Hiva	Toovii	Grande feuille	2	29/05/2000	2	2B
Nuku Hiva	Toovii	Grande feuille	3	29/05/2000	3	3B
Raiatea	Fetuna	Haut	*	19/07/2001	1	1D
Raiatea	Orotaio	Haut	*	21/07/2001	3	3D
Tahiti	Epaule Pito Hiti	*	1	13/10/2001	23	21D
Tahiti	Ivirairai Haut	*	1	13/01/2002	36	34D
Tahiti	Haut de l'Aorai	*	3	03/11/2001	30	28D

Ile	Lieu	Peuplement	n° arbre	Date récolte	n° récolte	n° labo
Tahiti	Fare Ata	*	4	30/09/2001	14a	14aD
Tahiti	Montée Fare Ata 1	*	*	30/06/2001	8	8D
Tahiti	Sentier Mont Aorai	Arbre isolé	1	23/05/2000	1	□
Tahiti	Pic Vert	Bas	8a	23/06/2001	17	17D
Tahuata	Anamiai	9	1	déc-99	27	27
Tahuata	Anamiai	9	2	déc-99	28	28
Tahuata	Hanamenino	10	1	déc-99	31	31
Tahuata	Hanamenino	10	2	déc-99	32	32
Ua-Pou	Hakahetau	1	1	15/06/2000	P1 A1	3C
Ua-Pou	Vaihasa	2	1	15/06/2000	P2 A1	8C
Ua-Pou	Hohoi Teepo	3	1	22/06/2000	P3 A1	5C
Ua-Pou	Hohoi Teepo	3	2	22/06/2000	P3 A2	6C
Ua-Pou	Poutetainui	4	1	04/07/2000	P4 A1	2C
Ua-Pou	Poutetainui	4	2	04/07/2000	P4 A2	1C

3.2. Analyse de la diversité par marqueurs chloroplastiques

Les marqueurs chloroplastiques ont été mis en œuvre pour suivre les flux de gènes par graines et analyser la dynamique de la diversité génétique à des échelles de temps importantes.

La révélation du polymorphisme se réalise par un couplage d'amorces et d'enzymes de restriction. La mise au point de la technique s'est faite sur un échantillon limité mais censé représenter la plus grande diversité.

Sur les nombreuses associations amorce/enzyme possibles, seul le couple QS/Alu1 a révélé du polymorphisme (Tableau 5). Le couple K1K2 / Inf 1 a aussi révélé du polymorphisme mais une vérification est nécessaire pour conclure définitivement.

Tableau 5 : Combinaison amorces / enzymes testées

Enzymes Amorces	Hinf 1	Alu 1	Hae 111	Rsa 1	Mbo 1	Msp 1	Hind 111	Dde 1	Taq 1
K ₁ K ₂	polymorphe possible ??	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe			non polymorphe		non polymorphe
FV	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe
B ₁ B ₂	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe					
QS	non polymorphe	polymorphe possible	non polymorphe	non polymorphe					
CS									
DT	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe	non polymorphe					non polymorphe

Tableau 6 : Détails au niveau individuel des chlorotypes obtenus
Analyse du polymorphisme sur ADN de chloroplaste
Santalum Insulare

Ile	Lieu	Peuplement	n° labo	Chlorotype couple K ₁ K ₂ / Hinf 1	Chlorotype couple QS / Alu 1
Ua-Pou	Poutetaïnuï	4	2C	1	1
	Hakahetau	1	4C	1	2
	Hohoi Teepo	3	6C	1	2
Nuku Hiva	Toovii	10	18C	1	1
	Toovii	20b	16	1	1
	Bas terre déserte	14	10	1	1
	Bas terre déserte	38	22	1	1
	Haut terre déserte	15	8B	1	1
	Vaïoa	2	5	*	*
	Taïohae	30	20	1	1
Hiva Oa	Taaoa	1	29	1	2
	Mokoau	3	33	*	*
Tahuata	Anamiai	9	27	1	2
	Hanamenino	10	32	1	2
Fatuïva	Omoa	1	37	2*	1
	Ouia	2	39	1	1
Tahiti	Sentier Mont Aorai	Arbre isolé	I	1	1
	Marau	Milieu	19D	*	*
	Fare Ata	*	14aD	1	1
	Pic Vert	Bas	17D	1	1
	Epaule Pito Hiti	*	21D	1	1
	Ivirairai Haut	*	34D	1	1
Raiatea	Fetuna	Haut	1D	*	1
	Orotaïo	Haut	3D	1	1

*: poids de l'amplifia après PCR inférieur à celui obtenu par addition des fragments de digestion.
Possibilité d'artefact.

Le positionnement des chlorotypes est donné dans les cartes ci-dessous. A ce stade de l'analyse il est impossible de conclure. On note que l'on retrouve les mêmes chlorotypes dans l'archipel des Marquises et celui de la Société, soulignant l'origine commune de ces populations. Il faudra attendre de marquer l'ensemble des arbres pour avoir une idée plus précise des relations entre les îles. Il faudra aussi essayer de mettre en évidence d'autres chlorotypes soit avec le même couple soit avec de nouveaux couples amorces/enzymes.



Mai 2002

morphologiques et des chimiotypes très distincts (voir travaux de chimie et botanique), l'origine génétique ancestrale commune de ces deux types est mise en évidence par l'absence de polymorphisme.

Présence du même chlorotype entre la zone centrale (Toovii) et la zone de basse altitude (terre déserte).

3.3. *Analyse de la diversité génétique par marqueurs moléculaires RAPD*

La technique de marquage RAPD ne sera pas décrite dans ce rapport. On pourra se reporter aux nombreuses publications décrivant cette technique classique.

Dans le cadre de cette étude intermédiaire, 5 amorces ont été passées, ce qui a permis de révéler 26 locus marqueurs.

L'objectif est d'utiliser une quinzaine d'amorces afin d'obtenir au moins 60 locus pour l'ensemble des individus.

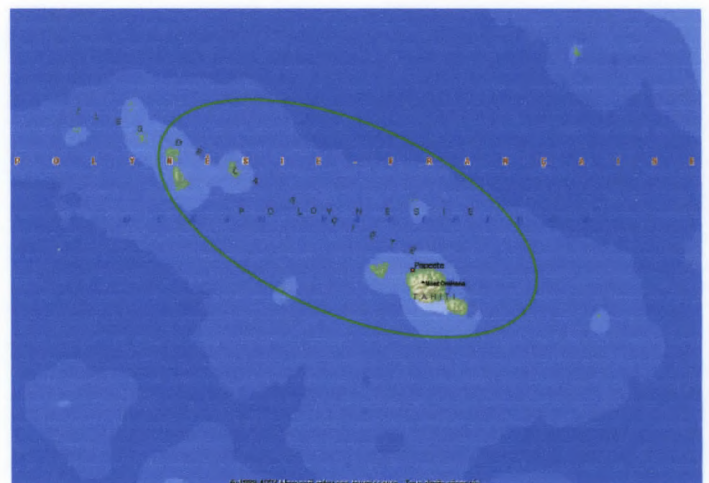
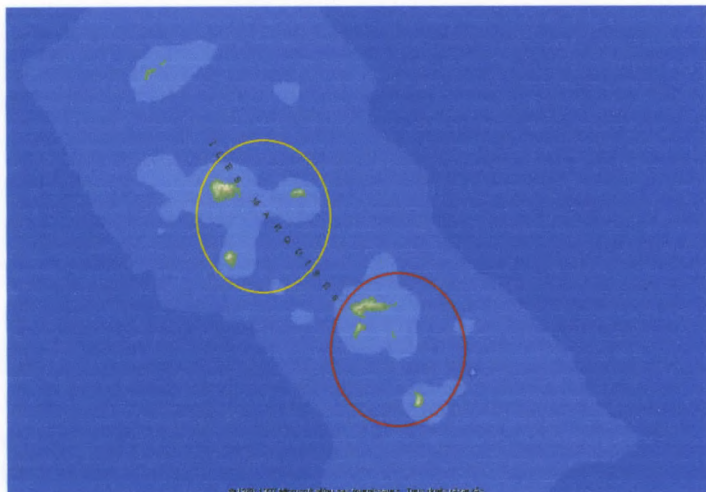
(1) - Analyse de la structuration de la diversité génétique inter îles

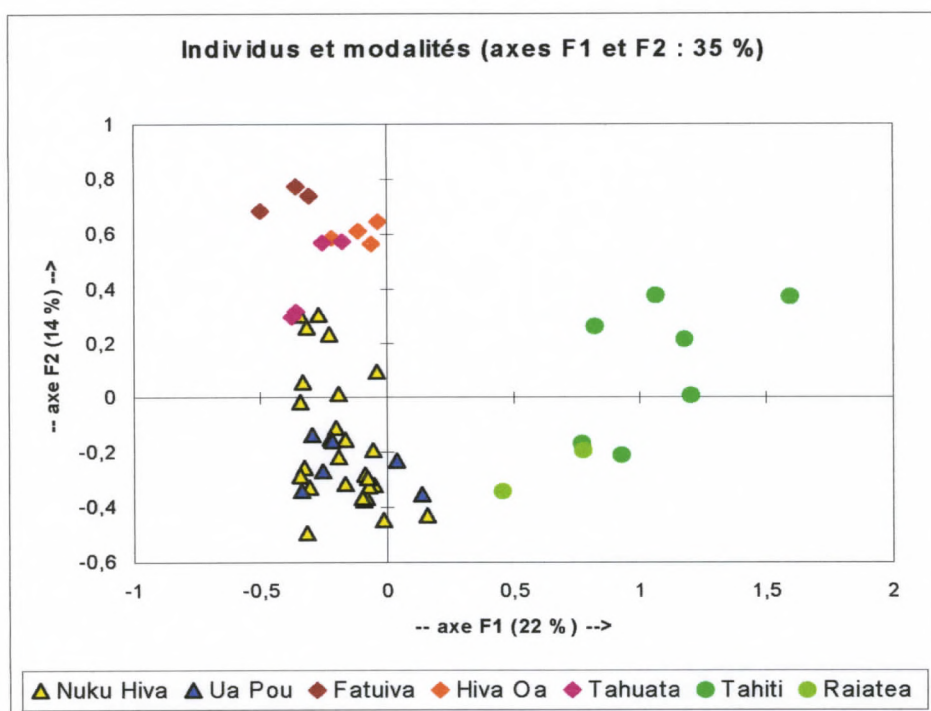
La diversité génétique mise en évidence par les marqueurs est à considérer avec prudence car le nombre de marqueurs moléculaires à ce jour doit être augmenté. Une trentaine de marqueurs a été utilisée alors que la stabilité des résultats est généralement atteinte avec une soixantaine. Ceci étant, les grandes lignes de la structuration de la diversité ne varieront pas beaucoup par un marquage plus important.

On note sur les cartes et graphes suivants que les différences entre îles sont révélées par les marqueurs. L'archipel des Marquises se distingue de l'archipel de la société.

Il semble aussi qu'au sein de l'archipel des Marquises, les îles du sud se différencient des îles du nord.

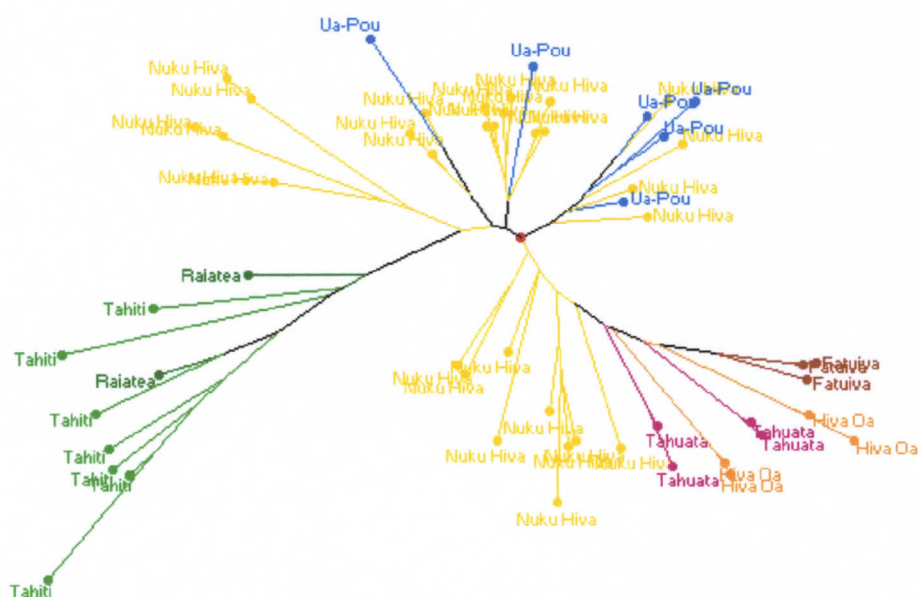
Ces différences révélées par les marqueurs soulignent une faiblesse des flux de gènes entre les différents archipels et entre certains groupes d'îles. Cette faiblesse des flux est très corrélée à la distance géographique entre les îles





Si on observe de façon plus précise la différence au niveau individuel avec un arbre reflétant les distances génétiques entre les individus (méthode du « neighbour joining »), on note que la diversité entre individus au sein des îles est assez importante, notamment pour Nuku Hiva où l'échantillonnage est exhaustif. En terme de distance génétique entre îles, l'île de Nuku Hiva semble se situer entre les îles du sud des Marquises et les îles de la société.

Ces résultats ne sont encore que très fragmentaires et seront précisés par la suite des analyses.



CAS DE L'ILE DE NUKU HIVA

Les résultats obtenus avec les marqueurs devront être complétés et adjoints aux résultats concernant la variabilité des huiles essentielles et aux résultats concernant la morphologie afin d'avoir une vision plus globale de la structuration de la variation génétique.

5 Bilan d'étape

L'essentiel de la collecte des échantillons est réalisé, la prochaine mission sera conduite pour compléter l'échantillonnage au vu des résultats intermédiaires des analyses.

Les informations pour la caractérisation botanique des différents santals échantillonnés sont rassemblées. Nous nous assurerons de l'homogénéité des récoltes botaniques lors de la mission précitée.

L'analyse chimique des concrètes des échantillons de bois est en cours de réalisation. L'identification des principaux constituants chimiques est en progrès.

Deux types d'analyses génétiques RAPD et marqueurs chloroplastiques ont été réalisées, une autre méthode sera prochainement mise en œuvre.

L'échantillonnage sera élargi sur les trois méthodes d'analyses génétiques.

6 État des engagements financiers

Les tableaux suivants présentent la fiche financière du projet, le budget révisé en fonction de la subvention accordée, et les réalisations à mi parcours.

Tableau 7 : Fiche financière présentée

Montants en KF	CIRAD Montpellier	CIRAD Papeete	Université	SDR + DR	Total	Demandé
<i>Personnel (mois)</i>	2,5	0,5	2			
Fonctionnement	85		65		150	120
Équipement	30*		60*		90	65
Missions				25	25	25
Total	115		125	25	265	210

* amortissement

Subvention demandée : 210 KF

Subvention obtenue : 200 KF

Tableau 8 : Budget prévisionnel révisé

(1.000 FRF)	Cirad+SDR	UPF	Total
Fonctionnement	64,2	49,1	113,3
Équipement	22,6	45,3	67,9
Missions	18,8	0	18,8
Total	105,6	94,4	200,0

Tableau 9 : Budget réalisé à mi parcours

(1.000 FRF)	Cirad+SDR	UPF	Total
Fonctionnement	20,0	23,8	43,8
Équipement	11,6	25,0	36,6
Missions	11,0	0,0	11,0
Total	42,6	48,8	91,4
<i>Budget</i>	<i>105,6</i>	<i>94,4</i>	<i>200,0</i>
Solde	63,0	45,7	108,7

Annexe 1 : Fiche botanique

Fiche de description botanique des santals de Polynésie française

Date Fiche numéro

Situation

Ile Localisation Altitude
 Peuplement Arbre Numéro d'herbier
 Coordonnées GPS : X Y

Dimensions

Architecture Hauteur Diamètre

Rhytidome

Couleur Aspect

Rameaux

Couleur Pilosité Entrenoeuds

Feuille

Pétiole Longueur Largeur
 Pilosité Couleur sup. Couleur inf.
 Nervation Forme Apex
 Base

Inflorescence

Forme Longueur Nombre d'internoeuds de l'axe principal
 Branchaison Pilosité Nbre d'internoeuds de l'axe secondaire
 Nbre de fleurs des branches terminales Dimensions des bractées

Fleur

Nombre de tépales Min Moyen Max Couleur
 Longueur de la fleur épanouie Largeur de la fleur Longueur du pédicelle
 Longueur du tépale Largeur du tépale Nbre de lobes stigmatiques
 Longueur de l'anthère Largeur de l'anthère Pilosité
 Longueur du lobe discal Largeur du lobe discal Longueur du pistil

Fruit et graine

Forme Longueur Largeur Nervure
 Nbre d'arêtes de la graine Longueur de la graine Largeur de la graine
 Excroissance basale Apex

Observations

Fiche de description phytoécologique des santals de Polynésie française

Date Fiche numéro

Ile		Localisation		Peuplement	
Arbre		Topographie		Pente	
Altitude		Exposition		Charge en cailloux	
Texture		Sol			

Hauteur		Architecture		Floraison	
Fructification		Croissance		Diamètre collet	
Nbre de fruits				Diamètre 50 cm	
Etat sanitaire				Diamètre 1m 30	

[illegible]

Rapport intermédiaire

Inventaire des espèces ligneuses de la placette (diamètre à la base supérieur à 5 cm)[illegible]

Observations sur l'inventaire

Avifaune observée

[illegible]

Annexe 3 : Fiche de description des échantillons de bois**Fiche de description des échantillons de bois de santal polynésien**Date Fiche numéro **Situation**Ile
Peuplement Localisation
Arbre **Echantillon 1**Numéro de l'échantillon Origine Nature de l'échantillon Zone échantillonnée Diamètre sur écorce Hauteur Epaisseur d'aubier Profondeur

Observations

Echantillon 2Numéro de l'échantillon Origine Nature de l'échantillon Zone échantillonnée Diamètre sur écorce Hauteur Epaisseur d'aubier Profondeur

Observations

Echantillon 3Numéro de l'échantillon Origine Nature de l'échantillon Zone échantillonnée Diamètre sur écorce Hauteur Epaisseur d'aubier Profondeur

Observations

Annexe 4 : Répétabilité de la méthode d'analyse chimique

		Proportions des différentes molécules																							
	% d'huile	a- santé	épi- santé	b- santé	curcu	sesqui	27,48	bisa	a- santo	berga	épi- santo	b- santo	nuci	29,87	30,05	lanc	31,07	31,67	32,28	33,43	33,56	34,7	bisab	a- santd	b- santd
Injection																									
1	6,10	0,10	0,08	0,22	0,65	0,49	0,25	1,94	3,63	3,59	0,76	3,06	29,92	0,23	2,30	1,94	2,46	0,84	1,61	2,23	0,91	0,19	20,29	0,40	0,45
2	6,10	0,10	0,08	0,22	0,64	0,49	0,23	1,91	3,62	3,60	0,74	3,05	29,90	0,22	2,27	1,93	2,43	0,83	1,61	2,24	0,91	0,19	20,41	0,40	0,46
3	6,00	0,10	0,08	0,22	0,65	0,49	0,23	1,92	3,63	3,61	0,74	3,07	29,96	0,23	2,26	1,93	2,41	0,83	1,62	2,26	0,92	0,18	20,47	0,38	0,46
Moy.	6,07	0,10	0,08	0,22	0,65	0,49	0,24	1,92	3,63	3,60	0,75	3,06	29,93	0,23	2,28	1,93	2,43	0,83	1,61	2,24	0,91	0,19	20,39	0,39	0,46
Ecart type	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01
Extraction																									
1	6,10	0,10	0,08	0,22	0,64	0,49	0,23	1,91	3,62	3,60	0,74	3,05	29,90	0,22	2,27	1,93	2,43	0,83	1,61	2,24	0,91	0,19	20,41	0,40	0,46
2	6,00	0,10	0,08	0,22	0,62	0,51	0,23	1,92	3,51	3,68	0,72	3,01	29,35	0,22	2,42	1,95	2,51	0,82	1,56	2,34	0,93	0,17	20,47	0,36	0,44
3	6,00	0,09	0,08	0,22	0,62	0,50	0,23	1,91	3,47	3,63	0,71	3,00	29,45	0,21	2,38	1,94	2,52	0,82	1,58	2,30	0,93	0,17	20,53	0,37	0,46
Moy.	6,03	0,10	0,08	0,22	0,63	0,50	0,23	1,91	3,53	3,64	0,72	3,02	29,57	0,22	2,36	1,94	2,49	0,82	1,58	2,29	0,92	0,18	20,47	0,38	0,45
Ecart type	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,08	0,04	0,02	0,03	0,29	0,01	0,08	0,01	0,05	0,01	0,03	0,05	0,01	0,01	0,06	0,02	0,01

Annexe 5 : Carte des sites d'échantillonnage sur Nuku Hiva

